

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-132893

(43)Date of publication of application : 18.05.2001

(51)Int.CI.

F16S 5/00

B64G 1/22

E04B 1/344

(21)Application number : 11-316941

(71)Applicant : NATL SPACE DEVELOPMENT  
AGENCY OF JAPAN

(22)Date of filing : 08.11.1999

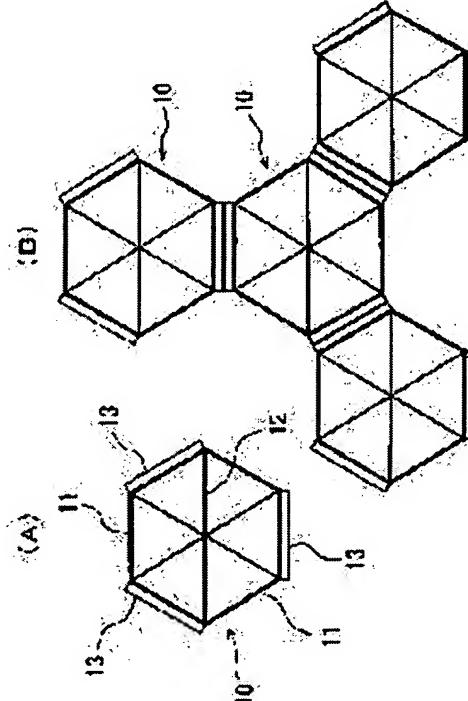
(72)Inventor : YAMAWAKI KOJI

(54) STRUCTURAL UNIT FOR FORMING SPHERICAL SHELL STRUCTURE BODY, SPHERICAL SHELL STRUCTURE BODY USING STRUCTURAL UNIT THEREOF, AND ASSEMBLING METHOD THEREOF

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a spherical shell structure body formed to obtain suitable structural strength, a lightweight structural unit for forming the spherical shell structure body, and an efficient assembling method for the spherical shell structure body.

**SOLUTION:** This frame structural unit 10 is constituted to have an outermost edge frame formed in regular hexagonal shape, provided with side connecting mechanisms 13 with three non-adjacent side members of six side members 11 as connected sides, or a skeleton structural unit 20 is constituted to have regular hexagonal shape formed by connecting the apexes of radial skeleton members 21, comprising point connecting mechanisms 23 with the respective apexes of the skeleton members 21 as connected points, the adjacent connected points of which are paired. Twenty frame structural units 10 or skeleton structural units 20 are used and fixedly connected through all the side connecting mechanisms or point connecting mechanisms of the respective units so that an interior angle defined by the planes of the respective connected units is  $138.2^\circ$ , thus constituting this spherical shell structure body with twelve regular pentagonal cavities.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3370960  
[Date of registration] 15.11.2002  
[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-132893

(P2001-132893A)

(43)公開日 平成13年5月18日(2001.5.18)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F 16 S 5/00  
B 6 4 G 1/22  
E 0 4 B 1/344

識別記号

F I

F 16 S 5/00  
B 6 4 G 1/22  
E 0 4 B 1/344

マークコード\*(参考)

B

審査請求 有 請求項の数11 O L (全 12 頁)

(21)出願番号

特願平11-316941

(22)出願日

平成11年11月8日(1999.11.8)

(71)出願人 000119933

宇宙開発事業団

東京都港区浜松町2丁目4番1号

(72)発明者 山脇 功次

東京都港区浜松町2丁目4番1号 宇宙開

発事業団内

(74)代理人 100087273

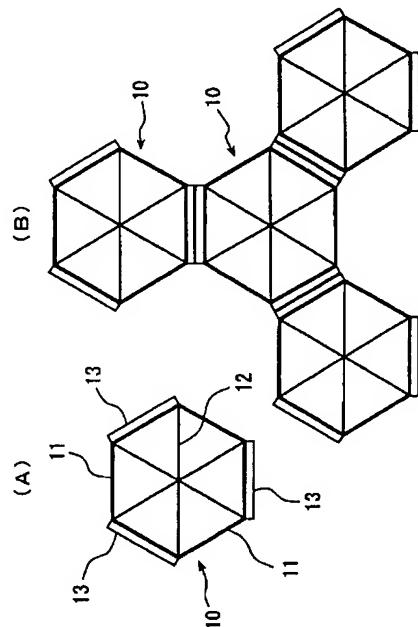
弁理士 最上 健治

(54)【発明の名称】 球殻構造体形成用構造ユニット及び該構造ユニットを用いた球殻構造体並びにその組立方法

(57)【要約】

【課題】 相応の構造強度を得ることができるようにした球殼構造体、及び該球殼構造体を形成するための軽量の構造ユニット、並びに前記球殼構造体の効率的な組立方法を提供する。

【解決手段】 最外側縁の枠組が正六角形を有し、6個の辺部材11の隣り合わない3つの辺部材を結合辺として辺結合機構13を設けて構成した枠組構造ユニット10、又は放射状骨格部材21の頂点を結んで形成される形状が正六角形を有し、骨格部材の各頂点を結合点とし隣り合う結合点を一組とした点結合機構23を設けて構成した骨格構造ユニット20を20個用い、各ユニットの全ての辺結合機構又は点結合機構を介して、結合される各ユニットの平面のなす内角が138.2度となるように固定的に結合させ、12個の正五角形形状の空隙を有する球殼構造体を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 最外側縁の枠組が正六角形形状を有し、枠組全体で平面形状を構成する枠組構造ユニットであって、該枠組構造ユニットは、正六角形形状の最外側縁枠組を構成する6個の辺部の中の隣り合わない3つの辺部を、同一構成の他の枠組構造ユニットと互いに結合するための結合辺とし、各結合辺には他の枠組構造ユニットを結合するための辺結合機構を備え、該辺結合機構は、互いに結合される各枠組構造ユニットを構成する正六角形形状の平面が互いに所定の内角をなすように固定的に結合する機能と、固定的結合を解除し内角を自由に変化しうるよう結合する機能とを有していることを特徴とする連結構造体形成用枠組構造ユニット。

【請求項2】 放射状骨格の頂点を結んで形成される最外側形状が正六角形形状を有し、骨格全体で平面形状を構成する骨格構造ユニットであって、該骨格構造ユニットは、骨格の各頂点を同一構成の他の骨格構造ユニットと互いに結合するための結合点とし、隣り合う2個の結合点を一組として各組の接合点には他の骨格構造ユニットを結合するための点結合機構を備え、該点結合機構は、互いに結合される各骨格構造ユニットを構成する正六角形形状の平面が互いに所定の内角をなすように固定的に結合する機能と、固定的結合を解除し内角を自由に変化しうるよう結合する機能とを有していることを特徴とする連結構造体形成用骨格構造ユニット。

【請求項3】 前記請求項1に係る枠組構造ユニットを20個用い、各枠組構造ユニットを、各枠組構造ユニットの全ての結合辺の辺結合機構を介して、結合される各枠組構造ユニットの平面のなす内角が138.2度となるよう固定的に結合させ、正五角形空隙をもつ球殻状に構成したことを特徴とする球殻構造体。

【請求項4】 前記請求項2に係る骨格構造ユニットを20個用い、各骨格構造ユニットを、各骨格構造ユニットの全ての結合点の点結合機構を介して、結合される各骨格構造ユニットの平面のなす内角が138.2度となるよう固定的に結合させ、正五角形空隙をもつ球殻状に構成したことを特徴とする球殻構造体。

【請求項5】 前記請求項3に係る球殻構造体において、辺結合機構における固定的結合を解除して、結合されている各枠組構造ユニットの平面のなす内角を自由に変化しうる結合状態とし、結合された各枠組構造ユニットを折り畳み収納することを特徴とする球殻構造体の折り畳み収納方法。

【請求項6】 前記請求項4に係る球殻構造体において、点結合機構における固定的結合を解除して、結合されている各骨格構造ユニットの平面のなす内角を自由に変化しうる結合状態とし、結合された各骨格構造ユニットを折り畳み収納することを特徴とする球殻構造体の折り畳み収納方法。

【請求項7】 前記請求項1に係る枠組構造ユニット又

は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、上方向及び左右斜め下方向に結合部が位置するよう单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の中間用単位構造体を逆Y字状に結合し、3個の中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各中間用単位構造体にそれぞれ2個の外縁用単位構造体を結合して、10個の単位構造体からなる平面状配列の連結構造体を形成し、次いで該平面状配列の連結構造体の対向して配置されている外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ半球殻構造体を形成することを特徴とする半球殻構造体の組立方法。

【請求項8】 前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、左右斜上方向及び下方向に結合部が位置するよう单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の中間用単位構造体をY字状に結合し、3個の中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各中間用単位構造体にそれぞれ2個の外縁用単位構造体を結合して、10個の単位構造体からなる平面状配列の連結構造体を形成し、該平面状配列の連結構造体の対向して配置されている外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ半球殻構造体を形成することを特徴とする半球殻構造体の組立方法。

【請求項9】 前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、上方向及び左右斜め下方向に結合部が位置するよう单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の中間用単位構造体を逆Y字状に結合し、3個の中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各中間用単位構造体にそれぞれ2個の外縁用単位構造体を結合して、10個の単位構造体からなる第1の連結構造体を形成し、前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、左右斜上方向及び下方向に結合部が位置するよう单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の中間用単位構造体をY字状に結合し、3個の中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各中間用単位構造体にそれぞれ2個の外縁用単位構造体を結合して、10個の単位構造体からなる第2の連結構造体を形成し、第1の連結構造体の最右端の外縁用単位構造体の最右端の結合部と第2の連結構造体の最左端の外縁用単位構造体の最左

端の結合部とを結合して、20個の単位構造体からなる平面状配列の多重連結構造体を形成し、各連結構造体内の対向して配置されている外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、更に各連結構造体相互間において対向する未結合の結合部を結合し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ球殻構造体を形成することを特徴とする球殻構造体の組立方法。

【請求項10】 前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、上方向及び左右斜め下方向に結合部が位置するように单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の第1、第2、第3の初段中間用単位構造体を逆Y字状に結合し、第1、第2、第3の初段中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各初段中間用単位構造体にそれぞれ2個の第1及び第2、第3及び第4、第5及び第6の次段中間用単位構造体を初段中間用単位構造体に対して順次時計回りに結合し、第1の次段中間用単位構造体には、第1の初段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第1の外縁用単位構造体を結合し、第2の次段中間用単位構造体には、第1の初段中間用単位構造体との結合部位から時計回り方向にある結合部を介して第2の外縁用単位構造体を結合し、第3の次段中間用単位構造体には、第2の初段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第3の外縁用単位構造体を結合し、第4の次段中間用単位構造体には、第2の初段中間用単位構造体との結合部位から時計回り方向にある結合部を介して第4の外縁用単位構造体を結合し、第5の次段中間用単位構造体には、第3の初段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第5の外縁用単位構造体を結合し、第6の次段中間用単位構造体には、第3の初段中間用単位構造体との結合部位から時計回り方向にある結合部を介して第6の外縁用単位構造体を結合し、第2の外縁用単位構造体には、第2の次段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第1の突出用単位構造体と結合し、第4の外縁用単位構造体には、第4の次段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第2の突出用単位構造体を結合し、第6の外縁用単位構造体には、第6の次段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第3の突出用単位構造体を結合し、更に第3の突出用単位構造体には、第6の外縁用単位構造体との結合部位から時計回り方向にある結合部を介して中心対向用単位構造体を結合して、20個の単位構造体からなる平面状配列の連結構造体を形成し、該連結構造体の対向して配置されている次段中間用単位構造体の残りの結合部を互いに結合し、また対向して配置されてい

る外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、また第1の突出用単位構造体と第3の外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、第2の突出用単位構造体と第5の外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、第3の突出用単位構造体と第1の外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、更に第1及び第2の突出用単位構造体の残りの結合部と中心対向用単位構造体の残りの結合部とをそれぞれ結合し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ球殻構造体を形成することを特徴とする球殻構造体の組立方法。

【請求項11】 前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、第1～第4の4個の単位構造体を、それぞれ結合部を介してジグザグ状に連結して基本連結構造体を形成し、該基本連結構造体を5組用いて、各基本連結構造体の一端に配置されている第1の単位構造体を、各基本連結構造体が互いに60度の角度をなすように結合部を介して順次連結して、20個の単位構造体からなる平面状配列の多重連結構造体を形成し、該多重連結構造体を構成する各基本連結構造体の一端配置の第1の単位構造体の未結合の結合部を結合すると共に、互いに隣接する基本連結構造体の第2の単位構造体と第3の単位構造体、及び第4の単位構造体同士を互いに結合部を介してそれぞれ接続し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ球殻構造体を形成することを特徴とする球殻構造体の組立方法。

【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、20個の構造ユニットを組み合わせることにより形成される12箇所に五角形の空隙をもつ球殻構造体、及び該球殻構造体を形成するための構造ユニットの構成、並びに該球殻構造体の組立方法に関するものである。

#### 【0002】

【從来の技術】 建築の分野において、パイプとこれを連結するハブを用いて、いわゆるスペース・ストラクチャと呼ばれる構造物を建設する技術は、部材同士の接合に溶接を用いない建設と比較的の融通性の富んだ形状設計が可能となるため、一般に建設時間が短く且つ建設費用の安い施工が行える。このため、この技術は展示会場や植物園等で使用するドーム型、ピラミッド型、フラットストラクチャ型等の建物の建設によく利用されており、設計の自動化が進めば、将来に有望な建築法の一つとなるだろう。

【0003】 少数種類の構造部材と単純な組立作業により大型構造物を建設する技術は、宇宙や海洋という特殊な環境における大型構造物の建設にも有効である。特に、宇宙における大型構造物の建設では、構造部材の運

送費の低減と建設作業の無人化・単純化は必須の課題である。しかし、前述のスペース・ストラクチャ建設技術は、単純な建築部材による単純な組立作業が基本となる建設技術であるものの、パイプとハブの接合作業では人手に頼ることが多く、また、部品点数や作業工程数が多いため、その建設作業の無人化・単純化には多くの障害がある。

【0004】宇宙空間において建設される大型構造物の代表例は国際宇宙ステーションであり、現在、国際協力のもとで建設が進められている。国際宇宙ステーションは基本的にモジュール構成である。その主な構成品は地上で製作され、宇宙で組み立てられる。宇宙での建設作業を極力低減するため、構成品はスペースシャトルのカーゴベイのサイズを基準にしてモジュール化するのが、合理的であると考えることができる。したがって、宇宙構造物の大型化に伴い宇宙空間での組立・建設作業が増加し、その無人化・単純化が重要な課題となるが、同時に宇宙における大型構造物建設のための新たな方法と、これを具現するための技術が求められる。

【0005】大型宇宙構造物の建設の新たな方法として、宇宙空間において構造物を膨張あるいは拡張する方法と、それに係わる技術の研究が行われている。宇宙空間で大きな面積あるいは容積を確保するために、複数の宇宙機の幾何学的構成そのものを構造体とみなせるように形状制御して、例えば膜状の構造物の構造形状を形成する方法、宇宙空間で大型構造物を形成するために気体の圧力や化学反応で膨張する素材を構造物に利用する方法などが研究されている。また、大きな構造物を折り畳んで収納し、これを宇宙空間で自動的に展開する方法も宇宙で大型構造物を形成する成熟した従来の技術であり、太陽電池パネルや伸展マストなどに利用されている。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような大型構造物を、より軽量の構造部材によって相応の構造強度をもたせて形成する手法については、未だ具体的な提案がなされておらず、またこのような大型構造物を小さな容積に、より容易に収納できるようにした手法も未だ実現されていない。

【0007】本発明は、従来の大型構造物における上記問題点を解消するためになされたもので、請求項1及び2に係る発明は、相応の構造強度をもつ簡単な構成の大形構造体を形成することの可能な、簡単で軽量な枠組又は骨格構造ユニットを提供することを目的とする。請求項3及び4に係る発明は、請求項1又は2に係る枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて構成した、相応の構造強度をもつ簡単な構成の大形の球殻構造体を提供することを目的とする。請求項5及び6に係る発明は、請求項3又は4に係る大型の球殻構造体の簡単な折り畳み収納方法を提供することを目的とする。請求項7

及び8に係る発明は、請求項1又は2に係る枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて半球殻構造体を容易に組み立てることの可能な半球殻構造体の組立方法を提供することを目的とする。請求項9及び10に係る発明は、請求項1又は2に係る枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて球殻構造体を容易に組み立てることの可能な球殻構造体の組立方法を提供することを目的とする。請求項11に係る発明は、請求項1又は2に係る枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて球殻構造体を更に容易に組み立てることの可能な球殻構造体の組立方法を提供することを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するためには、請求項1に係る発明は、最外側縁の枠組が正六角形形状を有し、枠組全体で平面形状を構成する枠組構造ユニットであって、該枠組構造ユニットは、正六角形形状の最外側縁枠組を構成する6個の辺部の中の隣り合わない3つの辺部を、同一構成の他の枠組構造ユニットと互いに結合するための結合辺とし、各結合辺には他の枠組構造ユニットを結合するための辺結合機構を備え、該辺結合機構は、互いに結合される各枠組構造ユニットを構成する正六角形形状の平面が互いに所定の内角をなすように固定的に結合する機能と、固定的結合を解除し内角を自由に変化しうるように結合する機能とを有していることを特徴とするものである。また請求項2に係る発明は、放射状骨格の頂点を結んで形成される最外側形状が正六角形形状を有し、骨格全体で平面形状を構成する骨格構造ユニットであって、該骨格構造ユニットは、骨格の各頂点を同一構成の他の骨格構造ユニットと互いに結合するための結合点とし、隣り合う2個の結合点を一組として各組の接合点には他の骨格構造ユニットを結合するための点結合機構を備え、該点結合機構は、互いに結合される各骨格構造ユニットを構成する正六角形形状の平面が互いに所定の内角をなすように固定的に結合する機能と、固定的結合を解除し内角を自由に変化しうるように結合する機能とを有していることを特徴とするものである。

【0009】このように枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを構成することにより、簡単に組み立てることができ、また容易に折り畳み収納できる大型の連結構造体を容易に形成することが可能な軽量な構成の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを実現することができる。

【0010】請求項3に係る発明は、前記請求項1に係る枠組構造ユニットを20個用い、各枠組構造ユニットを、各枠組構造ユニットの全ての結合辺の辺結合機構を介して、結合される各枠組構造ユニットの平面のなす内角が138.2度となるように固定的に結合させ、正五角形空隙をもつ球殻構造体を構成するものである。また請求項4に係る発明は、前記請求項2に係る骨格構造ユニッ

トを20個用い、各骨格構造ユニットを、各骨格構造ユニットの全ての結合点の点結合機構を介して、結合される各骨格構造ユニットの平面のなす内角が138.2度となるように固定的に結合させ、正五角形空隙をもつ球殻構造体を構成するものである。

【0011】このように構成することにより、20個の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットと12個の正五角形空隙からなる相応の構造強度をもつ簡便な構成の大型の球殻構造体を実現することができる。なお、20個の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて球殻構造体を形成する際の、各構造ユニットの平面のなす内角 $\theta$ は、次式(1)により求められる。

$$\theta = 2 \sin^{-1} (\phi / 31/2) \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

但し、 $\phi = (1 + 51/2) / 2$ である。

【0012】請求項5に係る発明は、前記請求項3に係る球殻構造体において、辺結合機構における固定的結合を解除して、結合されている各枠組構造ユニットの平面のなす内角を自由に変化しうる結合状態とし、結合された各枠組構造ユニットを折り畳み収納するようにして球殻構造体の折り畳み収納方法を構成するものである。また請求項6に係る発明は、前記請求項4に係る球殻構造体において、点結合機構における固定的結合を解除して、結合されている各骨格構造ユニットの平面のなす内角を自由に変化しうる結合状態とし、結合された各骨格構造ユニットを折り畳み収納するようにして球殻構造体の折り畳み収納方法を構成するものである。

【0013】これにより、20個の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットからなる球殻構造体を、容易にコンパクトに折り畳み収納することができる。

【0014】請求項7に係る発明は、前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、上方向及び左右斜め下方向に結合部が位置するように单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の中間用単位構造体を逆Y字状に結合し、3個の中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各中間用単位構造体にそれぞれ2個の外縁用単位構造体を結合して、10個の単位構造体からなる平面状配列の連結構造体を形成し、次いで該平面状配列の連結構造体の対向して配置されている外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ半球殻構造体を形成するようにして半球殻構造体の組立方法を構成するものである。また請求項8に係る発明は、前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、左右斜上方及び下方向に結合部が位置するように单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の中間用単位構造体を逆Y字状に結合し、3個の中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各中間用単位構造体にそれぞれ2個の外縁用単位構造体を結合して、10個の単位構造体からなる平面状配列の連結構造体を形成し、次いで該平面状配列の連結構造体の対向して配置されている外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ半球殻構造体を形成するようにして半球殻構造体の組立方法を構成するものである。

3個の中間用単位構造体をY字状に結合し、3個の中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各中間用単位構造体にそれぞれ2個の外縁用単位構造体を結合して、10個の単位構造体からなる平面状配列の連結構造体を形成し、該平面状配列の連結構造体の対向して配置されている外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ半球殻構造体を形成するようにして半球殻構造体の組立方法を構成するものである。

【0015】これにより、軽量の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて半球殻構造体を容易に組み立てることができる。

【0016】請求項9に係る発明は、前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、上方向及び左右斜め下方向に結合部が位置するように单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の中間用単位構造体を逆Y字状に結合し、3個の中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各中間用単位構造体にそれぞれ2個の外縁用単位構造体を結合して、10個の単位構造体からなる第1の連結構造体を形成し、前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、左右斜上方及び下方向に結合部が位置するように单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の中間用単位構造体をY字状に結合し、3個の中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各中間用単位構造体にそれぞれ2個の外縁用単位構造体を結合して、10個の単位構造体からなる第2の連結構造体を形成し、第1の連結構造体の最右端の外縁用単位構造体の最右端の結合部と第2の連結構造体の最左端の外縁用単位構造体の最左端の結合部とを結合して、20個の単位構造体からなる平面状配列の多重連結構造体を形成し、各連結構造体内の対向して配置されている外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、更に各連結構造体相互間において対向する未結合の結合部を結合し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ球殻構造体を形成するようにして球殻構造体の組立方法を構成するものである。

【0017】これにより、軽量の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて球殻構造体を容易に効率的に組み立てることができる。

【0018】請求項10に係る発明は、前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、中心部に、上方向及び左右斜め下方向に結合

部が位置するように单一の中心用単位構造体を配置し、該中心用単位構造体の各結合部を介して3個の第1、第2、第3の初段中間用単位構造体を逆Y字状に結合し、第1、第2、第3の初段中間用単位構造体のそれぞれ残りの2個の結合部を介して、各初段中間用単位構造体にそれぞれ2個の第1及び第2、第3及び第4、第5及び第6の次段中間用単位構造体を初段中間用単位構造体に対して順次時計回りに結合し、第1の次段中間用単位構造体には、第1の初段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第1の外縁用単位構造体を結合し、第2の次段中間用単位構造体には、第1の初段中間用単位構造体との結合部位から時計回り方向にある結合部を介して第2の外縁用単位構造体を結合し、第3の次段中間用単位構造体には、第2の初段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第3の外縁用単位構造体を結合し、第4の次段中間用単位構造体には、第2の初段中間用単位構造体との結合部位から時計回り方向にある結合部を介して第4の外縁用単位構造体を結合し、第5の次段中間用単位構造体には、第3の初段中間用単位構造体との結合部位から時計回り方向にある結合部を介して第5の外縁用単位構造体を結合し、第6の次段中間用単位構造体には、第3の初段中間用単位構造体との結合部位から時計回り方向にある結合部を介して第6の外縁用単位構造体を結合し、第2の次段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第1の突出用単位構造体と結合し、第4の外縁用単位構造体には、第4の次段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第2の突出用単位構造体と結合し、第6の外縁用単位構造体には、第6の次段中間用単位構造体との結合部位から反時計回り方向にある結合部を介して第3の突出用単位構造体と結合し、更に第3の突出用単位構造体には、第6の外縁用単位構造体との結合部位から時計回り方向にある結合部を介して中心対向用単位構造体を結合して、20個の単位構造体からなる平面状配列の連結構造体を形成し、該連結構造体の対向して配置されている次段中間用単位構造体の残りの結合部を互いに結合し、また対向して配置されている外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、また第1の突出用単位構造体と第3の外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、第2の突出用単位構造体と第5の外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、第3の突出用単位構造体と第1の外縁用単位構造体の最近接結合部を互いに結合し、更に第1及び第2の突出用単位構造体の残りの結合部と中心対向用単位構造体の残りの結合部とをそれぞれ結合し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ球殻構造体を形成するようにして球殻構造体の組立方法を構成するものである。

【0019】これにより、軽量の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて球殻構造体を、より容易に効率的に組み立てることができる。

【0020】請求項11に係る発明は、前記請求項1に係る枠組構造ユニット又は前記請求項2に係る骨格構造ユニットを、それぞれ3個の結合部を有する単位構造体として用い、第1～第4の4個の単位構造体を、それぞれ結合部を介してジグザグ状に連結して基本連結構造体を形成し、該基本連結構造体を5組用いて、各基本連結構造体の一端に配置されている第1の単位構造体を、各基本連結構造体が互いに60度の角度をなすように結合部を介して順次連結して、20個の単位構造体からなる平面状配列の多重連結構造体を形成し、該多重連結構造体を構成する各基本連結構造体の一端配置の第1の単位構造体の未結合の結合部を結合すると共に、互いに隣接する基本連結構造体の第2の単位構造体と第3の単位構造体、及び第4の単位構造体同士を互いに結合部を介してそれ接続し、且つ全ての結合部における各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定して正五角形空隙をもつ球殻構造体を形成するようにして球殻構造体の組立方法を構成するものである。

【0021】このように、4個の単位構造体からなる基本連結構造体を5組用いて球殻構造体を組み立てようとしているので、更に容易に効率的に球殻構造体を組み立てることが可能となる。

【0022】

【発明の実施の形態】次に、実施の形態について説明する。図1の(A)は、本発明に係る球殻構造体等の連結構造体を形成する枠組構造ユニットの一実施の形態を示す図で、図1の(B)は、4個の枠組構造ユニットを連結した状態を示す図である。図1の(A)に示す枠組構造ユニット10は、最外側枠組形状を構成する6個の辺部材11と、6個の辺部材11が形成する正六角形の形状を保持するための支持結合部材12と、同じ構成の枠組構造ユニットの辺部材同士を連結或いは結合するための、一つおきの辺部材11に設けた3個の辺結合機構13から構成される。これらの辺部材11及び支持結合部材12は充分な構造上の強度をもっている必要があるが、何によってどのような形状に作成されるかは本発明の実施の形態を左右するものではないので、これらの部材の形状、材質などについては、ここでは特定しない。3個の辺結合機構は、図1の(A)に示すように、互いに隣り合うことなく、3個の辺部材に配置されていて、図1の(B)に示すように、同じ構成の他の枠組構造ユニットの辺結合機構と連結又は結合され、連結状態ではそれぞれの枠組構造ユニットの辺部材が形成する正六角形の平面同士のなす内角を、0度から180度までのいずれかの角度に変更し、連結された枠組構造ユニットを折り畳んだり(内角0度)、平板状に広げたり(内角180度)することが可能であり、更に結合状態では解除可能なラッチ部材によ

り内角 138.2度で固定することが可能に構成されている。

【0023】図2の(A)は、同じく球殻構造体等の連結構造体を形成する骨格構造ユニットの一実施の形態を示す図で、図2の(B)は、4個の骨格構造ユニットを連結した状態を示している。図2の(A)に示す骨格構造ユニット20は、端部頂点を結ぶと正六角形を形作る6個の骨格部材21と、6個の骨格部材21を支持するための支持結合部材22と、同じ構成の骨格構造ユニットの端部頂点同士を連結あるいは結合するための3個の点結合機構23とから構成される。これらの骨格部材21及び支持結合部材22は充分な構造上の強度をもっている必要があるが、何によってどのような形状に形成されるかは本発明の実施の形態を左右するものではないので、これらの部材の形状、材質などについては、ここでは特定しない。3個の点結合機構は、図2の(A)に示すように、隣接する2個の頂点に対応して配設され、図2の(B)に示すように、同じ構成の他の骨格構造ユニットの点結合機構と連結又は結合され、連結状態ではそれぞれの骨格構造ユニットの各頂点が形作る正六角形の平面同士のなす内角を、0度から180度までのいずれかの角度に変更し、連結された骨格構造ユニットを折り畳んだり(内角0度)、平板状に広げたり(内角180度)することが可能であり、更に結合状態では解除可能なラッチ部材により内角138.2度で固定することが可能に構成されている。

【0024】次に、図1の(A)に示した枠組構造ユニット10と、図2の(A)に示した骨格構造ユニット20とを、図3に示すように、正六角形の形状を有する輪郭構造部31と、該輪郭構造部31に等間隔で設けられた3個の結合機構32とからなる単位構造体30として共通に表現するものとし、次に、この単位構造体30を用いた半球殻構造体を形成するための連結構造体や、球殻構造体を形成するための連結構造体等について説明する。

【0025】図4は、半球殻構造体を形成するための連結構造体X Nを平面状に展開した図である。この連結構造体X Nは、中心用単位構造体A Nに対して該単位構造体A Nの3個の結合機構を介して、それぞれ単位構造体を中間用単位構造体B N 1、B N 2及びB N 3として逆Y字状に連結し、中間用単位構造体B N 1には中心用単位構造体A Nへの連結に使用していない残りの2個の結合機構を介して外縁用単位構造体C N11及びC N12を連結し、中間用単位構造体B N 2には中心用単位構造体A Nへの連結に使用していない残り2個の結合機構を介して外縁用単位構造体C N21及びC N22を連結し、中間用単位構造体B N 3には中心用単位構造体A Nへの連結に使用していない残り2個の結合機構を介して外縁用単位構造体C N31及びC N32を連結することにより、構成される。そして、対向して配置される外縁用単位構造体C N11とC N32、外縁用単位構造体C N21とC N12、同じく外縁用単位構造体C N31とC N22、同じく外縁用単位構造体C S21とC S12、同じく外縁用単位構造体C S31とC S22とをそれぞれ結合し、結合機構で結合される各単位構造体のなす内角が138.2度となるように固定的に設定することにより、連結構造体X Nの形状は正五角形空隙をもつ半球殻とすることができる。

外縁用単位構造体C N31とC N22とをそれぞれ結合し、結合機構で結合される各単位構造体のなす内角が138.2度となるように固定的に設定することにより、連結構造体X Nの形状を正五角形空隙をもつ半球殻とすることができる。

【0026】図5は、半球殻構造体を形成するための連結構造体X Sを平面状に展開した図である。この連結構造体X Sは、図4に示した連結構造体X Sを60度回転させた形態に対応するもので、中心用単位構造体A Sに対して該単位構造体A Sの3個の結合機構を介して、それぞれ単位構造体を中間用単位構造体B S 1、B S 2及びB S 3としてY字状に連結し、中間用単位構造体B S 1には中心用単位構造体A Sへの連結に使用していない残りの2個の結合機構を介して外縁用単位構造体C S11及びC S12を連結し、中間用単位構造体B S 2には中心用単位構造体A Sへの連結に使用していない残り2個の結合機構を介して外縁用単位構造体C S21及びC S22を連結し、中間用単位構造体B S 3には中心用単位構造体A Sへの連結に使用していない残り2個の結合機構を介して外縁用単位構造体C S31及びC S32を連結することにより、構成される。そして、対向して配置される外縁用単位構造体C S11とC S32、外縁用単位構造体C S21とC S12、及び外縁用単位構造体C S31とC S22とをそれぞれ結合し、結合機構で結合される各単位構造体のなす内角が138.2度となるように固定的に設定することにより、連結構造体X Sの形状を正五角形空隙をもつ半球殻とすることができる。

【0027】図6は、球殻構造体を形成するための連結構造体X NSを平面状に展開した図である。この連結構造体X NSは、図4に示した連結構造体X Nと図5に示した連結構造体X Sとを連結して構成するものである。すなわち、連結構造体X Nの最右端の外縁用単位構造体C N11と連結構造体X Sの最左端の外縁用単位構造体C S11とを、単位構造体C N11の最右端の結合機構と単位構造体C S11の最左端の結合機構を介して連結することにより、連結構造体X NSを構成している。

【0028】そして、対向して配置されている外縁用単位構造体C N11とC N32、同じく外縁用単位構造体C N21とC N12、同じく外縁用単位構造体C N31とC N22、同じく外縁用単位構造体C S11とC S32、同じく外縁用単位構造体C S21とC S12、同じく外縁用単位構造体C S31とC S22とをそれぞれ結合機構を介して結合し、更に単位構造体C N12とC S32、単位構造体C N21とC S31、単位構造体C N22とC S22、単位構造体C N31とC S21、単位構造体C N32とC S12とを、残余の結合機構を介して結合し、且つ結合機構で結合される各単位構造体のなす内角が138.2度となるように固定的に設定することにより、連結構造体X NSの形状は正五角形空隙をもつ球殻となる。また、連結構造体X NSを構成する各単位構造体のなす内角を自由に設定可能な連結状態に

することにより、連結構造体X NSからなる球殻構造体を折り畳んで収納することが可能となる。

【0029】図7は、球殻構造体を形成するための連結構造体Xを平面状に展開した図である。この連結構造体Xは、中央部に中心用単位構造体Nを配置し、該単位構造体Nには自己の3個の結合機構を介して初段中間用単位構造体B1、B2及びB3を連結し、初段中間用単位構造体B1には中心用単位構造体Nの連結に使用していない残りの2個の結合機構を介して次段中間用単位構造体C11及びC12を連結し、初段中間用単位構造体B2には中心用単位構造体Nの連結に使用していない残り2個の結合機構を介して次段中間用単位構造体C21及びC22を連結し、初段中間用単位構造体B3には中心用単位構造体Nの連結に使用していない残り2個の結合機構を介して次段中間用単位構造体C31及びC32を連結する。

【0030】また次段中間用単位構造体C11には、初段中間用単位構造体B1との結合部位から反時計回り方向にある結合機構を介して外縁用単位構造体D11を連結し、次段中間用単位構造体C12には、初段中間用単位構造体B1との結合部位から時計回り方向にある結合機構を介して外縁用単位構造体D12を連結し、次段中間用単位構造体C21には、初段中間用単位構造体B2との結合部位から反時計回り方向にある結合機構を介して外縁用単位構造体D21を連結し、次段中間用単位構造体C22には初段中間用単位構造体B2との結合部位から時計回り方向にある結合機構を介して外縁用単位構造体D22を連結し、次段中間用単位構造体C31には初段中間用単位構造体B3との結合部位から反時計回り方向にある結合機構を介して外縁用単位構造体D31を連結し、次段中間用単位構造体C32には初段中間用単位構造体B3との結合部位から時計回り方向にある結合機構を介して外縁用単位構造体D32を連結する。

【0031】また、外縁用単位構造体D12には、次段中間用単位構造体C12との結合部位から反時計回り方向にある結合機構を介して突出用単位構造体E1を連結し、外縁用単位構造体D22には次段中間用単位構造体C22との結合部位から反時計回り方向にある結合機構を介して突出用単位構造体E2を連結し、外縁用単位構造体D32には次段中間用単位構造体C32との結合部位から反時計回り方向にある結合機構を介して突出用単位構造体E3を連結し、更に、突出用単位構造体E3には外縁用単位構造体D32との結合部位から時計回り方向にある結合機構を介して中心対向用単位構造体Sを連結することにより、平面状配列の連結構造体Xが形成される。

【0032】そして、対向して配置されている次段中間用単位構造体C11とC32とを結合し、同じく対向して配置されている次段中間用単位構造体C12とC21とを結合し、同じく対向して配置されている次段中間用単位構造体C22とC31とを結合し、また対向して配置されている外縁用単位構造体D11とD12とを結合し、同じく対向し

て配置されている外縁用単位構造体D21とD22とを結合し、同じく対向して配置されている外縁用単位構造体D31とD32とを結合する。更に外縁用単位構造体D11と突出用単位構造体E3とを結合し、外縁用単位構造体D21と突出用単位構造体E1とを結合し、外縁用単位構造体D31と突出用単位構造体E2とを結合し、また突出用単位構造体E1と中心対向用単位構造体Sとを結合し、同じく突出用単位構造体E2と中心対向用単位構造体Sとを結合し、且つ結合機構で結合される各単位構造体のなす内角が138.2度となるように固定的に設定することにより、連結構造体Xの形状は正五角形空隙をもつ全球盤となる。また、連結構造体Xを構成する各単位構造体のなす内角を自由に設定可能な連結状態にすることにより、連結構造体Xからなる球殻構造体を折り畳んで収納することが可能となる。

【0033】図8は、球殻構造体を形成するための他の連結構造体Zを平面状に展開した図である。この連結構造体Zは、4個の単位構造体を結合機構を介して互いにジグザグ状に連結して基本連結構造体を形成し、該基本連結構造体を5組用いて構成するものである。

【0034】すなわち、4個の単位構造体P1、Q1、R1、T1を結合機構を介してジグザグ状に連結して第1の基本連結構造体U1を形成する。同様にして4個の単位構造体P2、Q2、R2、T2で第2の基本連結構造体U2を、単位構造体P3、Q3、R3、T3で第3の基本連結構造体U3を、単位構造体P4、Q4、R4、T4で第4の基本連結構造体U4を、単位構造体P5、Q5、R5、T5で第5の基本連結構造体U5を、それぞれ形成する。そして、各基本連結構造体U1～U5の一端に配置されている単位構造体P1、P2、P3、P4、P5を、隣接する各基本連結構造体が互いに60度の角度をなすように、結合機構を介して順次連結し、20個の単位構造体からなる平面状配列の連結構造体Zを構成する。

【0035】そして、このように構成した連結構造体Zにおいて、まず各基本連結構造体U1～U5の一端配置の互いに結合されている単位構造体のうち未結合の単位構造体P1、P5を結合機構を介して結合する。次いで、第1の基本連結構造体U1の単位構造体R1、T1と、第2の基本連結構造体U2の単位構造体Q2、T2とをそれぞれ結合し、第2の基本連結構造体U2の単位構造体R2、T2と、第3の基本連結構造体U3の単位構造体Q3、T3とをそれぞれ結合し、第3の基本連結構造体U3の単位構造体R3、T3と、第4の基本連結構造体U4の単位構造体Q4、T4とをそれぞれ結合し、第4の基本連結構造体U4の単位構造体R4、T4と、第5の基本連結構造体U5の単位構造体Q5、T5とをそれぞれ結合し、更に第5の基本連結構造体U5の単位構造体R5、T5と、第1の基本連結構造体U1の単位構造体Q1、T1とをそれぞれ結合し、且つ結合機

構を介して結合される各単位構造体のなす内角が138.2度となるように固定的に設定することにより、連結構造体Zの形状は正五角形空隙をもつ球殻となる。また連結構造体Zを構成する各単位構造体のなす内角を自由に設定可能な連結状態にすることにより、連結構造体Zからなる球殻構造体を折り畳んで収納することが可能となる。

【0036】図9は、連結構造体XNS又は連結構造体X又は連結構造体Zの全ての結合機構を結合状態にすると共に、各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定することによって形成された球殻構造体40を示す図である。この球殻構造体40は、正六角形の形状をもつ20個の単位構造体41の組み合わせにより構成されるものであり、その表面には正五角形の形状をもつ12個の空隙42が形成されている。なお、43は結合機構を示している。これらの単位構造体41及び空隙42は、膜状や板状の部材で覆われてもよいし、空虚のままでもよい。球殻構造体の形状は、単位構造体41が形成する輪郭構造と各単位構造体のなす内角を138.2度に固定的に設定することによって維持される。

【0037】連結構造体XNS又は連結構造体X又は連結構造体Zの全ての結合機構を連結状態にして、各単位構造体のなす内角を適当に設定すれば、いろいろな収納形状とすることができます。例えば、連結構造体Xでは、図10に示すように正四面体の4つの頂点を切り取って生成される正六角形面51が4面と正三角形面52が4面とかなる、八面体の収納形状を作ることが可能であり、連結構造体XNSでは、このような八面体を2つ組み合わせた収納形態を作ることができる。なお、図10における正六角形面51は、5枚の単位構造体が重ね重ねられた態様を代表的に表しており、正三角形面52は空隙部である。したがって、収納形状は比較的の自由に取り得るが、折り畳む際の単位構造体の厚さが取り得る収納形状の制約となる。

#### 【0038】

【発明の効果】以上実施の形態に基づいて説明したように、請求項1及び2に係る発明によれば、簡便に組み立てることができ、また容易に折り畳み収納できる大型の連結構造体を容易に形成することが可能な、軽量な構成の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを実現することができる。また請求項3及び4に係る発明によれば、20個の構造ユニットと12の正五角形空隙からなる相応の構造強度をもつ簡便な構成の大型の球殻構造体を実現することができる。また請求項5及び6に係る発明によれば、20個の構造ユニットからなる連結構造体を容易にコンパクトに折り畳み収納することができる。また請求項7及び8に係る発明によれば、軽量の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて半球殻構造体を容易に組

み立てることができる。また請求項9、10及び11に係る発明によれば、軽量の枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを用いて球殻構造体を、容易に効率的に組み立てることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る枠組構造ユニットの実施の形態、及びその連結状態を示す図である。

【図2】本発明に係る骨格構造ユニットの実施の形態、及びその連結状態を示す図である。

【図3】図1及び図2に示した枠組構造ユニット又は骨格構造ユニットを、単位構造体として共通に表現した態様を示す図である。

【図4】本発明に係る球殻構造体を形成するための連結構造体の実施の形態を平面状に展開して示す図である。

【図5】本発明に係る球殻構造体を形成するための連結構造体の他の実施の形態を平面状に展開して示す図である。

【図6】本発明に係る球殻構造体を形成するための連結構造体の他の実施の形態を平面状に展開して示す図である。

【図7】本発明に係る球殻構造体を形成するための連結構造体の他の実施の形態を平面状に展開して示す図である。

【図8】本発明に係る球殻構造体を形成するための連結構造体の更に他の実施の形態を平面状に展開して示す図である。

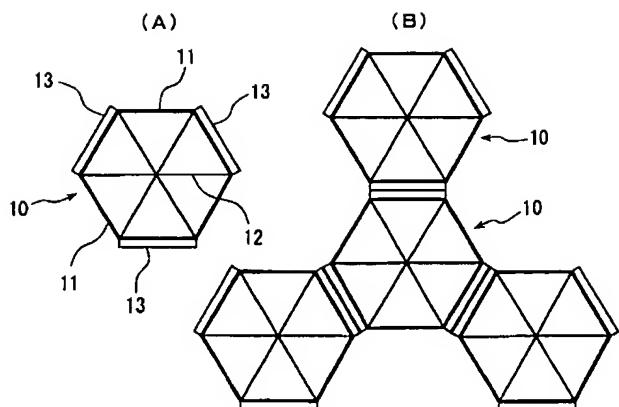
【図9】図6又は図7又は図8に示した連結構造体により形成された球殻構造体の態様を示す図である。

【図10】本発明に係る球殻構造体の収納形態の一例を示す概略図である。

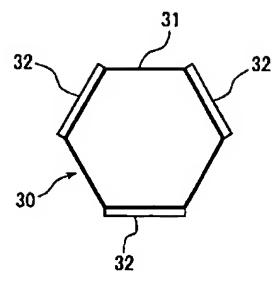
#### 【符号の説明】

- 10 枠組構造ユニット
- 11 辺部材
- 12 支持結合部材
- 13 辺結合機構
- 20 骨格構造ユニット
- 21 骨格部材
- 22 支持結合部材
- 23 点結合機構
- 30 単位構造体
- 31 輪郭構造
- 32 結合機構
- 40 球殻構造体
- 41 単位構造体
- 42 空隙
- 43 結合機構
- 51 正六角形面
- 52 正三角形面

【図1】

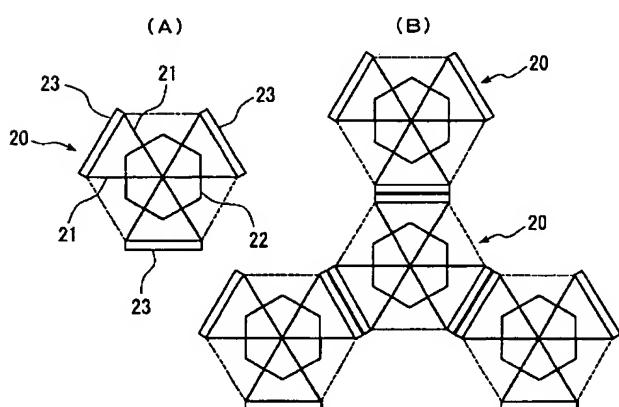


【図3】

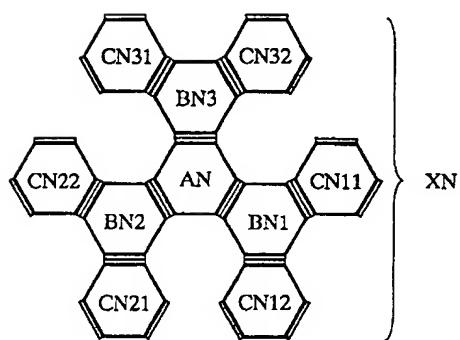


30 : 單位構造体  
31 : 輪郭構造  
32 : 結合機構

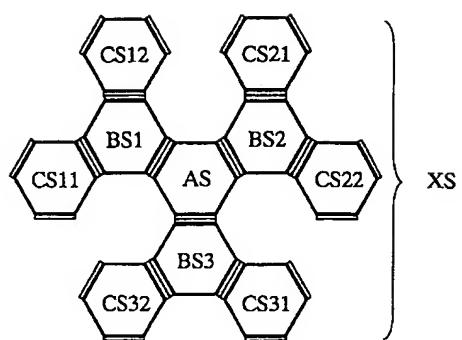
【図2】



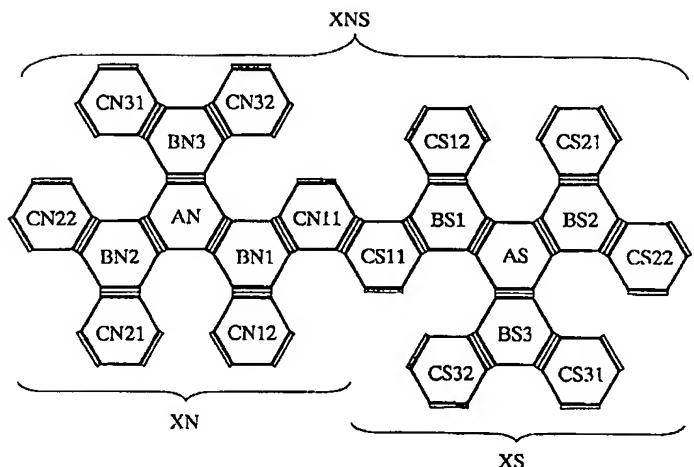
【図4】



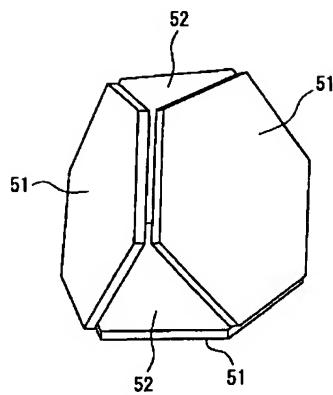
【図5】



【図6】

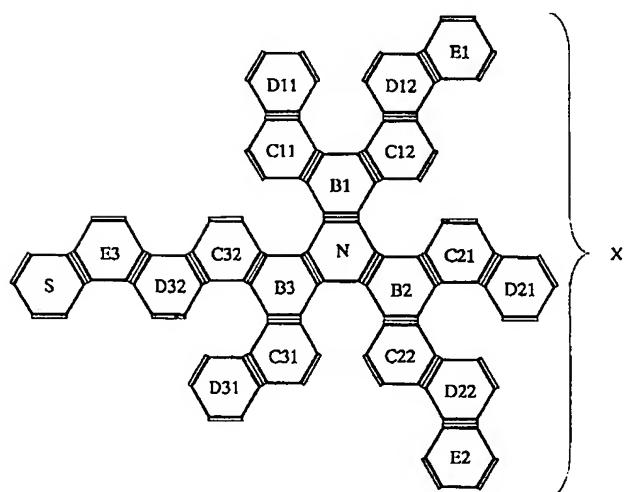


【図10】

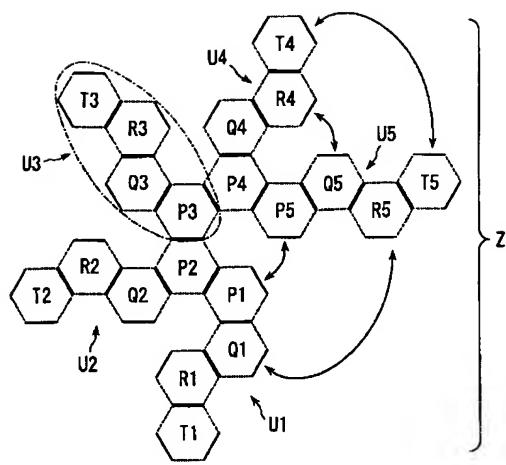


51: 正六角形面  
52: 正三角形面

【図7】



【図8】



【図9】

